

257/118

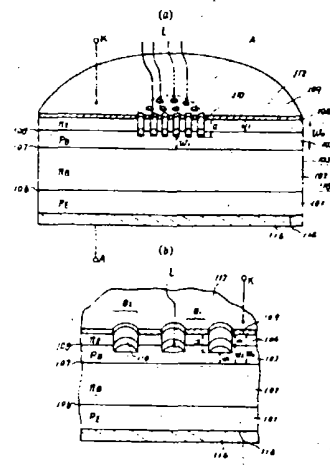
9147 E 78

**(54) PHOTO THYRISTOR**

- (11) Kokai No. 53-112682 (43) 10.2.1978 (19) JP  
(21) Appl. No. 52-28219 (22) 3.14.1977  
(71) MITSUBISHI DENKI K.K. (72) AKIRA KAWAKAMI  
(52) JPC: 99(5)F1:99(5)J42  
(51) Int. Cl<sup>2</sup>: H01L29/74, H01L31/08

**PURPOSE:** To increase the photo trigger sensitivity while keeping the dielectric strength sufficiently high, by providing the concave at the part of photo radiation of thyristor and by radiating light on the concave through reducing the distance between the bottom surface of the concave and the second PN junction.

**CONSTITUTION:** The first emitter layer 101 of the first conduction type, first base layer 102 of second conduction type, second base layer 103 of first conduction type, and second emitter layer 104 of second conduction type are sequentially constituted so that they are in contact with each other sequentially, producing the first to third PN junctions 106 to 108. With this constitution, the concave 110 is placed at the domain of photo radiation of the first main surface 109 of the thyristor wafer 105. At this time, the shape of plane of the concave is made as a small circle, a plurality of small circles are provided, and the bottom surface is reached the second base layer 103. Further, the first main electrode 112 is attached to the domain other than the concave 110 of the first main surface 109, and the second main electrode 116 is attached to the second main surface 114 of the first emitter layer 101. Since the constitution described above is adopted, the photo trigger sensitivity is made higher by 2 to 10 times.





⑨日本国特許庁  
公開特許公報

⑩特許出願公開  
昭53—112682

⑤Int. Cl.<sup>2</sup> 識別記号 ⑥日本分類 庁内整理番号 ④公開 昭和53年(1978)10月2日  
H 01 L 29/74 99(5) F 1 7021—57  
H 01 L 31/08 99(5) J 42 6655—57 発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 6 頁)

④光サイリスタ

電機株式会社北伊丹製作所内

②特 願 昭52—28219

⑩出 願 人 三菱電機株式会社

③出 願 昭52(1977)3月14日

東京都千代田区丸の内二丁目2  
番3号

⑦発 明 者 川上明

④代 理 人 弁理士 葛野信一 外1名

伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱

明 細 書

1. 発明の名称

光サイリスタ

2. 特許請求の範囲

- (1) 第1導電形の第1エミッタ層、第2導電形の第1ベース層、第1導電形の第2ベース層および第2導電形の第2エミッタ層が順次接して第1、第2、第3pn接合を形成するサイリスタウエハの前記第2エミッタ層が露出する第1主面に凹部分を設け、前記第1主面の前記凹部分以外でかつ前記第2エミッタ層表面に第1主電極、前記サイリスタウエハの前記第1エミッタ層が露出する第2主面に第2主電極をそれぞれ接続し、前記凹部分に光を照射することによりターンオン状態に導かれることを特徴とする光サイリスタ。
- (2) 凹部分の深さが第2エミッタ層の厚みより深いことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。
- (3) 凹部分の平面形状が小円であり、複数個点

在して設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。

- (4) 凹部分の平面形状が指形、雪の結晶模様またはインポリユート形であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。
- (5) 凹部分に隣接する第2エミッタ層の一部分の横方向抵抗率を、第1主電極直下の第2エミッタ層の横方向抵抗率より高く設定したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。
- (6) 第2ベース層に隣接しかつ第2エミッタ層と分離した補助エミッタ層が設けられ、第1主面の前記補助エミッタ層と、前記補助エミッタ層と前記第2エミッタ層間の前記第2ベース層の一部分が補助サイリスタ電極で電気的に短絡され、前記補助エミッタ層に隣接するように前記凹部分が設置されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。
- (7) 凹部分の底と第2ベース層の間に第1導電

形の高濃度不純物層が設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光サイリスタ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は光トリガ感度の高い光サイリスタに関するものである。

光サイリスタは一般の三端子サイリスタのゲートトリガ電流によるターンオンを光トリガで行うものであり、制御回路部分と主回路部分との絶縁がとりやすいこと、および制御が簡単になる等の理由で最近高耐圧大電流器サイリスタにも光トリガ方式の適用化が要求されるようになってきている。

光サイリスタはたとえば第1図に示す断面構造説明図によつて示される。すなわちこの素子はP形エミッタ層P<sub>01</sub>(11)、n形ベース層n<sub>02</sub>(12)、P形ベース層P<sub>03</sub>(13)、n形エミッタ層n<sub>04</sub>(14)が順次隣接して第1、第2、第3 Pn接合部10、16、17を形成するサイリスタウエハ100の第1主面109に第1主電極(陰極)104、第2主面110に第2主電極(陽極)

105がそれぞれ接続された基本構成を有する。さらに陰極104の一部に光照射部分103が設けられる。今、陰極104、陽極105にそれぞれ接続された陰極電極端子(A)と陽極電極端子(B)の間に直流電源E<sub>b</sub>(A側が正の極性)と負荷Rが直列接続されている状態で、前記光照射部分103に外部から光Lを照射する。光照射部分から半導体結晶内に入射した光は、第2 Pn接合部16までの深さW程度以上まで透過するように光波長、光強度を設定すると、入射光によつて励起された正孔-電子が、第2 Pn接合部に形成された空乏層の電界により走行し、さらにn<sub>02</sub>層、P<sub>03</sub>層をそれぞれ拡散で移動して、一般の三端子サイリスタと同様な動作機構でサイリスタをターンオンに導く。

ところが光が半導体結晶の表面から内部へ入り込むと、フォトンエネルギーが吸収されていくので、表面から深くなるほど光励起による正孔-電子対の数は減少する。たとえば、ランバートの光吸収則によれば、 $I(x)$ を表面からxの距離の光励起による正孔-電子対、Nを表面に

照射されるフォトン数、 $\alpha$ を半導体結晶の光吸収係数とすると、 $I(x)$ は、

$$I(x) = N_0 \exp(-\alpha x)$$

で表わされる。この式によれば、表面から深くなるほど、すなわちxが大きくなると、 $I(x)$ は指数関数的に急激に減少する。したがつて光サイリスタの光トリガ感度を高くするには極力、Wを小さくするようにサイリスタを設計する必要がある。

しかし、一方ではサイリスタの高耐圧化が強く要求されるようになり、P<sub>03</sub>層の厚みを十分厚くすること、すなわちWを大きくすることが設計の必要条件となつてきている。すなわちこれは高耐圧サイリスタではオフ状態における空乏層がのびるので、n<sub>02</sub>層と同様P<sub>03</sub>層側にも空乏層がある程度のばして、サイリスタウエハ100の内部および表面での電界強度を弱めるようにすることに基づくものである。

以上のことから光サイリスタにおいて光トリガ感度を高めることと、高耐圧化をはかること

は、相反する障害になり、自ずと両立限界がある。このため従来はせいぜい1000V程度以下の耐圧の光サイリスタが実用化されているにすぎないという状態であつた。

本発明は以上の従来のものの欠点を除去し、光トリガ感度の高いサイリスタを実現するためになされた新規な構造を有する光サイリスタを提供するものである。

本発明の骨子はサイリスタの光照射部分の半導体ウエハに凹部分を設け、凹部分の底面と第2 Pn接合の距離すなわち実質的に必要な光透過距離をWより大巾に短くし、凹部分に光を照射することにより光トリガ感度を高くし、かつ、耐圧を十分高く維持することを可能にするということにある。

本発明の詳細を、実施例をもつて以下に説明しよう。

第2図は本発明の第1の実施例による光サイリスタの構造説明図である。同サイリスタでは、第1導電形の第1エミッタ層P<sub>01</sub>(101)、第2導

電形の第1ベース層(102)、第1導電形の第2ベース層(103)、第2導電形の第2エミッタ層(104)が順次接して、第1、第2、第3 Pn接合(106)、(107)、(108)を形成するサイリスタウエハ(105)の第1主面(109)の光照射領域に凹部分(110)が設けられている。たとえば凹部分の平面形状は小円として、複数個配置されている。また凹部分(110)の底面はP層の一部になっており、その深さdはn層厚み $W_2$ より深くなっている。しかしdが $W_2$ より浅くても本発明の効果は十分期待できる。さらに第1主面(109)の凹部分(110)以外のn層表面上に第1主電極(112)、第2主面(114)に第2主電極(116)がそれぞれ接続され光サイリスタ(118)が完成する。

さて同サイリスタの製作にあたっては、比抵抗 $80\Omega\cdot\text{cm}$ 、直径 $40\text{mm}$ 、厚み $420\mu\text{m}$ のn形のSiウエハを出発基板とし、周知のPn接合形成技術、たとえば拡散技術を用いてP<sub>1</sub>/n<sub>1</sub>/P<sub>2</sub>/n<sub>2</sub>4層構造を得た。ここでは $W_1:80\mu\text{m}$ 、 $W_2:20\mu\text{m}$ とした従来の2000V級耐圧を有する三端子サイリスタと

同様な不純物分布のサイリスタウエハを得ている。したがってn層が出發基板の比抵抗値を有しており、前記第1導電形はP形となつてゐる。この逆の導電形の場合もあり得ることはもちろんであるが、前者の方が一般的である。この後、光照射部分Aとなる領域に多数の小円(直径 $1\text{mm}$ 程度としたがこれに限らない。)を周知の化学エッチング法により選択エッチングして凹部分を形成する。しかる後第1主電極としてはA<sub>1</sub>蒸着法によるAl蒸層、第2主電極としてはAl蒸層を覆材としてはさんだ合金法で接着したCu板を設け、両主電極に陰極端子板陽極端子板をそれぞれ両側から圧接して主電流を流電させる構造としている。

さて第2図(a)の光照射部分Aの拡大図である第2図(b)を参照すると、サイリスタの單方向耐圧は、第2 Pn接合(107)からn<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>両側層へ広がる空乏層によつてきめられる。ここでP<sub>2</sub>/n<sub>2</sub>/P<sub>3</sub>/n<sub>3</sub>の4層から成る領域(b)でn層の厚みが十分ある場合、P<sub>2</sub>層の厚み $W_2$ は、P<sub>2</sub>層の空乏層の

の巾よりかなりの余裕分をとつてゐるのが普通である。これは第1 Pn接合(108)でn層側から電子が注入され、実質的耐圧が低下するためであり、たとえば、2000V級耐圧を有するサイリスタの場合、この余裕分は $30\sim 40\mu\text{m}$ も必要とされてきた。しかしP<sub>2</sub>/n<sub>2</sub>/P<sub>3</sub>/n<sub>3</sub>凹部分(110)から成る領域(b)では前述の電子注入がないので実質的耐圧低下はなくなり、P<sub>2</sub>層の厚み $W_2$ から上記余裕分をとり、のぞいても実質的耐圧の低下はおこらない。このため $W_2$ を $W_1$ より小さくすることさえ可能になる。さらにn層の厚み $W_2$ は一般に $20\mu\text{m}$ 程度にするのが一般的であるので、たとえば $W_1$ が $W_2$ より大きくつても凹部分(110)の深さdは $10\mu\text{m}$ のオーダーになり、光トリガ感度を高くするのに著しい効果が發揮される。本実施例で具体的に、dを $20\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ に設定した場合、耐圧を同一条件にした場合、従来素子にくらべて光トリガ感度を2倍から10倍に向上されることがわかつた。

以上の実施例では、凹部分(110)の平面形状

を小円とした場合について述べたが、この他たとえば指形、雪の結晶模様形状、インポリュート形状など大電力トランジスタのベース電極や高周波用サイリスタのゲート電極構造に用いられるような周長を極力長くするような形状をとることにより、初期ターンオン領域を広げ、サイリスタの重要特性の1つである $di/dt$ 耐量を著しく向上させ、スイッチング損失を大巾に低減させることができるという副次的利点もみ出すことができる。

第3図は本発明の第2の実施例による光サイリスタの構造説明図である。同図では、凹部分(110)に隣接するn層の一部(120)のオーミック電極(112)を除去したことを特徴とする。この構造では光照射により凹部分(110)の直下の陽極側から流れはじめる初期ターンオン電流 $i_1$ が、実験(a)のように流れ、n層の(120)を横方向に流れるが、この層の抵抗率 $R_0$ は真上にオーミック電極が接続されていないためオーミック電極が接続されているn層の層抵抗率より高

いので、周知のFi効果(Field Intensity Effect)が生じターンオン電流は極めて早い時間で点線(b)のように外側にひろがる。したがってサイリスタの $di/dt$ 耐量を飛躍的に高めることが可能になる。

以上の実施例では(120)の $nx$ 層の横方向抵抗を高めるのにオーミック電極を除去する方法を用いたが、その他、この部分の $nx$ 層をエッチングなどにより薄くして $R_{\Sigma}$ を高くすることもできる。

第4図は本発明の第3の実施例による光サイリスタの構造説明図である。本実施例では、 $P_{\Sigma}$ 層に接して第4 Pn接合(121)を形成する補助エミッタ層 $nx$ (122)を $nx$ 層とは分離して設け、 $P_{\Sigma}/nx/P_{\Sigma}/nx'$ の4層からなる補助サイリスタ領域(123)を構成し、さらに $nx'$ 層と $P_{\Sigma}$ 層の一部を補助サイリスタ電極(124)で電気的に短絡する構造を付加している。凹部分(110)は $nx'$ 層に隣接するように設け、同図のような回路設定で凹部分に光 $L$ を照射すると、第3図と同様な初期タ

ーンオン電流 $I_A$ は実線(c)のように流れ、この電流が $nx$ 層へと流れ込むと、 $P_{\Sigma}/nx/P_{\Sigma}/nx'$ の4層からなる主サイリスタ領域(125)のトリガ電流の性能を発揮し、周知の機構でターンオン電流が点線(d)のように外側にひろがり、第2の実施例と同様、サイリスタの $di/dt$ 耐量の向上など、ターンオン性能を著しく改善することができる。

ここであらためて付記して強調すべきことは、従来の光サイリスタでは光照射領域のいずれかの微小部面でターンオンしやすいということにくらべて本発明によるサイリスタでは、第3図、第4図にも示されるように、ターンオンはかならず凹部分(110)の下で生じるというターンオン場所の設定が可能になり、しかも、その初期ターンオン電流は実線(a)、(c)のように定まった経路で横方向に流すことができるので、ターンオン電流の集中現象を防ぎやすいという2次的ではあるが、非常に重要な利点を有している。

第5図は本発明の第4の実施例による光サイリスタの構造説明図である。

本実施例では凹部分(110)を形成後、この部分にP形不純物を高濃度で拡散して $P^+$ 層(126)を形成したことにある。この構造によつて領域(127)は $P_{\Sigma}/nx/P_{\Sigma}/P^+$ 構造になり、第2 Pn接合107から $P_{\Sigma}$ 層側へのびる空乏層は、周知のPin構造の効果(この場合 $P_{\Sigma}$ とすると)によつて、のび厚をおさえることができ、 $W_1$ をさらに小さくでき、光トリガ感度を一層高くすることができる。たとえばボロンをP形不純物として表面濃度 $1 \times 10^{18}$ 、深さ $5 \mu m$ の $P^+$ 層を設けた場合、2000V級耐圧を確保するために凹部分の深さ $d$ をさらに $5 \sim 10 \mu m$ 深くすることが可能になり、光トリガ感度をその分だけ高くすることができることが認められた。

以上の実施例では本発明を逆阻止サイリスタについてのみ述べたが、その他たとえば逆導通サイリスタ、トライアックなど原理的に光照射によつてスイッチングするサイリスタにも適用し、本発明の効果を十分発揮させることが可能であることはもちろんである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の光サイリスタの構造および動作の説明図、第2図(a)は本発明の第1の実施例による光サイリスタの構造説明図、第2図(b)は第2図(a)の光照射部Aの拡大説明図、第3図は本発明の第2の実施例による光サイリスタの構造説明図、第4図は本発明の第3の実施例による光サイリスタの構造説明図、第5図は本発明の第4の実施例による光サイリスタの構造説明図である。

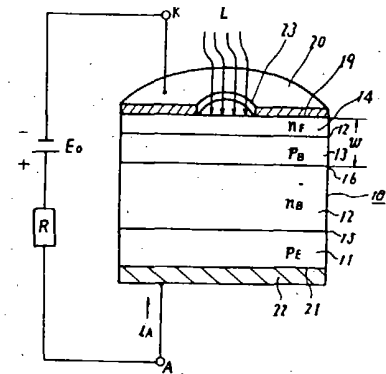
図において、(101)は第1エミッタ層、(102)は第1ベース層、(103)は第2ベース層、(104)は第2エミッタ層、(105)はサイリスタウエハ、(106)は第1 Pn接合、(107)は第2 Pn接合、(108)は第3 Pn接合、(109)は第1主面、(110)は凹部分、(112)は第1主電極、(114)は第2主面、(116)は第2主電極、 $L$ は照射光、(118)は光サイリスタ、(d)は凹部分の深さ、 $(W_1)$ は第2エミッタ層の厚み、 $(R_{\Sigma})$ は前記凹部分に隣接する前記第2エミッタ層の一部分の横方向抵抗率、(120)

は前記凹部分に隣接する前記第2エミッタ層の一部分、(122)は補助エミッタ層、(124)は補助サイリスタ電極、(126)は第1導電形の高濃度不純物層である。

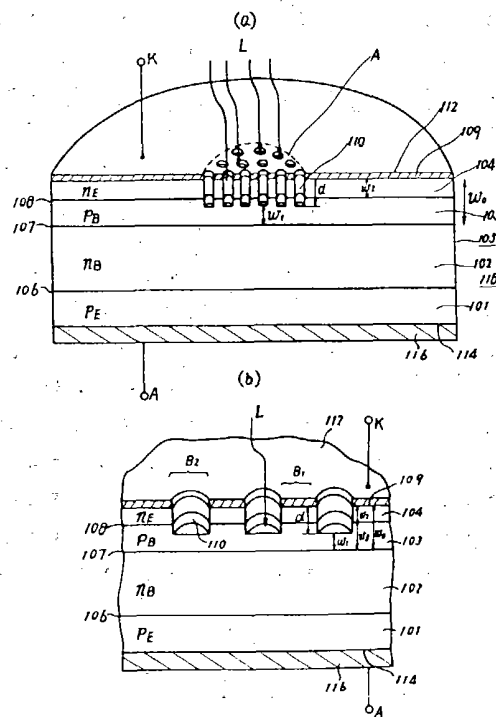
なお、図中同一符号は夫々同一または相当部分を示す。

代理人 勇 野 信 一

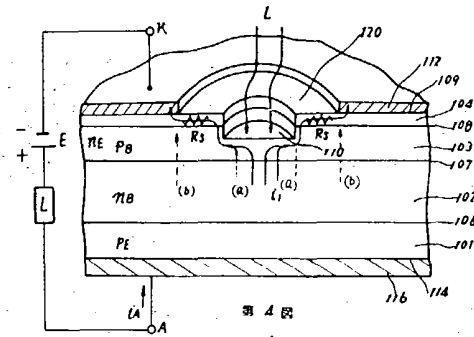
第1図



第2図



第3図



第4図

